

Trabalho de Conclusão de Curso

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE DADOS E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

ALUNO: Leonardo Camilotti

ORIENTADOR: Prof. Márcio Torres

Sumário

1. RESUMO.....	2
2. INTRODUÇÃO	3
3. TRABALHOS RELACIONAIS	4
4. METODOLOGIA	7
5. RESULTADOS.....	11
6. DISCUSSÃO	12
7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	14

1. RESUMO

Este artigo aborda a crescente preocupação global com a produção de fontes energéticas mais sustentáveis, com foco especial no biodiesel como uma solução promissora. O objetivo do estudo é analisar a demanda por biodiesel em relação ao consumo de diesel no contexto brasileiro, além de identificar a distribuição de market share de uma empresa específica dentro desse segmento para o estado da Bahia.

Para alcançar esse objetivo, empregou-se um modelo baseado em séries temporais para analisar o comportamento do consumo de diesel, considerando a mistura obrigatória de biodiesel no diesel comercializado no país. Em seguida, a posição de distribuição em relação à demanda foi estudada nos estados atendidos por essa empresa.

As descobertas deste estudo oferecem insights valiosos para a alta gestão da empresa, permitindo a focalização estratégica de esforços em estados ou distribuidores específicos. Essa abordagem direcionada pode otimizar a oferta de biodiesel e contribuir para o avanço do setor de energias limpas no Brasil, alinhando-se às metas de sustentabilidade ambientais globais.

2. INTRODUÇÃO

O panorama atual revela uma crescente preocupação mundial em relação à produção e consumo de energias ambientalmente sustentáveis. Nesse contexto, o setor de combustíveis, especialmente o diesel, tem sido objeto de atenção devido às suas expressivas emissões de poluentes tóxicos. Como resposta a esse desafio, o biodiesel surge como uma alternativa promissora, obtida a partir de óleos vegetais, gordura animal e outros materiais graxos, conferindo-lhe uma natureza renovável.

No cenário brasileiro, o governo tem adotado regulamentações para incorporar o biodiesel ao diesel comercializado no país, com a exigência de uma mistura obrigatória de 12% a partir de 2023, e com planos de crescimento gradativo até atingir o B-15 (com 15% de biodiesel no diesel) até 2026. Diante dessas perspectivas, surge a questão central deste artigo: Em relação a uma indústria específica do segmento de biodiesel, considerando esses aumentos progressivos, qual será a demanda de biodiesel nos estados em que essa empresa atua? Além disso, ao compreender a demanda e sua participação de mercado (market share), qual será a projeção de vendas para o ano em questão?

Este estudo tem como propósito analisar detalhadamente a demanda por biodiesel dentro das regiões onde a indústria atua, considerando as metas estabelecidas pelas regulamentações governamentais. Ao explorar esses aspectos, pretende-se fornecer insights essenciais para a tomada de decisões estratégicas da empresa, permitindo uma visão mais clara do potencial de mercado e impulsionando a contribuição do biodiesel como uma alternativa viável e sustentável no setor energético brasileiro.

3. TRABALHOS RELACIONAIS

A abordagem da sustentabilidade no âmbito dos biocombustíveis, com destaque para o biodiesel, é um tópico de extrema relevância em nosso cenário contemporâneo. Em resposta à crescente urgência de equilibrar as necessidades energéticas com os imperativos ambientais e sociais, a busca por alternativas de energia sustentável assume um papel central. O biodiesel, em particular, emerge como uma possibilidade que não apenas pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, mas também para a promoção de um sistema energético mais diversificado e equilibrado.

A literatura acadêmica explora profundamente a tríade ambiental, social e econômica quando se trata da sustentabilidade dos biocombustíveis, e o biodiesel é um estudo de caso primordial nesse contexto. No âmbito ambiental, inúmeras investigações, incluindo o trabalho de Demirbas (2009), focalizam nas reduções significativas de emissões de gases de efeito estufa que podem ser alcançadas por meio da substituição dos combustíveis fósseis pelo biodiesel. Além disso, pesquisas como aquela conduzida por Belda e Silva (2007) detalham a avaliação do ciclo de vida do biodiesel, desvelando uma perspectiva holística dos benefícios ambientais associados à sua produção e utilização.

No contexto social, a introdução de políticas e estratégias de biodiesel pode catalisar uma série de desdobramentos positivos, desde a geração de empregos até a transformação das dinâmicas econômicas locais. Contudo, uma consideração essencial é a inclusão das comunidades agrícolas de menor escala, como discutido por Hernández et al. (2008). A abordagem desses desafios socioeconômicos é crucial para garantir que o biodiesel não apenas atenda às metas ambientais, mas também promova equidade e desenvolvimento.

No âmbito econômico, a sustentabilidade do biodiesel está vinculada intrinsecamente à sua viabilidade financeira a longo prazo. Estudos como o de Nascimento et al. (2021) desvendam as complexidades dos aspectos econômicos da produção de biodiesel, levando em conta fatores que abrangem desde a volatilidade dos preços das matérias-primas até os incentivos estatais.

Olhando adiante, as perspectivas futuras da sustentabilidade de biocombustíveis delineiam um panorama que deve levar em conta tanto a inovação tecnológica quanto as políticas de incentivo. A contribuição de Balat et al. (2009) sobre tecnologias de segunda geração, que aproveitam resíduos orgânicos como fontes de matéria-prima, enfatiza o papel da inovação na evolução dos biocombustíveis. Ao mesmo tempo, artigos como o da revista tecnologia e sociedade (2018) destacam a importância das estratégias políticas para promover efetivamente a produção e o uso de biocombustíveis em nível global.

Em síntese, o exame da sustentabilidade em biocombustíveis, especialmente quando se concentra no biodiesel, é uma exploração profunda que envolve diversas dimensões interligadas. A literatura existente, incluindo os estudos mencionados e outras fontes relevantes, fornece uma base sólida de conhecimento que esclarece desde os benefícios ambientais até os desafios socioeconômicos associados aos biocombustíveis. Isso, por sua vez, direciona o caminho para uma energia mais sustentável e equitativa no futuro.

A motivação para abordar a demanda em questão surgiu das necessidades operacionais de uma empresa envolvida na produção de biodiesel e seus derivados. Reconhecendo a importância de otimizar suas estratégias e táticas de tomada de decisão, a empresa se lançou em busca de métodos e literatura relevantes sobre o assunto.

Um artigo publicado pela ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção) da UNFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) em 2009 explorou possíveis modelos para a previsão de demanda. Esse trabalho abordou conceitos fundamentais baseados na

decomposição de séries temporais e em modelos de correlação.

As séries temporais, conjuntos de dados coletados em intervalos regulares ao longo do tempo, desempenham um papel crucial em várias áreas, permitindo a análise de padrões e tendências. Esse método tem um impacto direto na previsão de valores futuros, viabilizando decisões informadas em campos como finanças, economia e ciências sociais.

Uma abordagem notável na análise de séries temporais é a Média Móvel Centrada (MMC), que combina tendências e padrões sazonais nos dados. Autores influentes, como Brockwell e Davis em "Introduction to Time Series and Forecasting" (2006), enfatizam o valor da MMC na filtragem de flutuações imprevisíveis e na identificação de tendências subjacentes nos dados temporais.

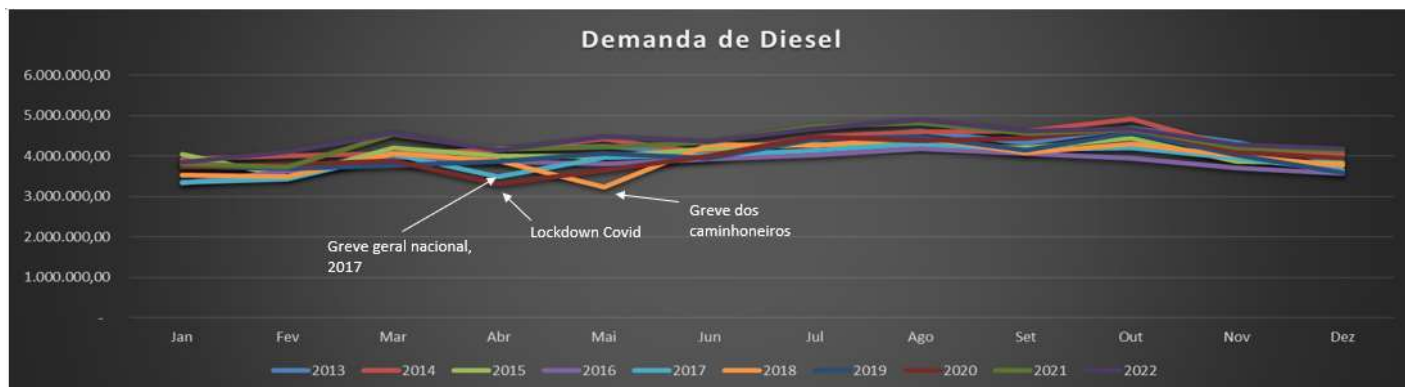
A MMC opera calculando a média de pontos em torno de um centro, suavizando oscilações abruptas e destacando padrões mais coerentes. Autores como Rodrigo Bueno, autor de "Econometria de Séries Temporais" (2011), exploram a implementação da MMC nas finanças, onde essa técnica é usada para compreender a volatilidade dos mercados financeiros e identificar tendências subjacentes nos preços. “Esse procedimento é feito para identificar algum tipo de tendencia, expurgando-se a influencia de sazonalidade” (Bueno, 2011, p.24)

No contexto da previsão de demanda, a MMC pode ser empregada para capturar variações sazonais, como a diminuição nas vendas nos últimos meses e o aumento nos primeiros meses de cada ano. Pioneiros no campo das séries temporais, George E.P. Box e Gwilym M. Jenkins (2008), contribuíram para o desenvolvimento da metodologia ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average), que também incorpora conceitos da MMC.

Em resumo, a análise de séries temporais, especialmente com a aplicação da Média Móvel Centrada, oferece uma abordagem sólida e fundamentada para compreender padrões subjacentes e realizar previsões esclarecidas em diversas situações. Isso é evidenciado pelas contribuições significativas de autores proeminentes para a teoria e prática desse campo.

4. METODOLOGIA

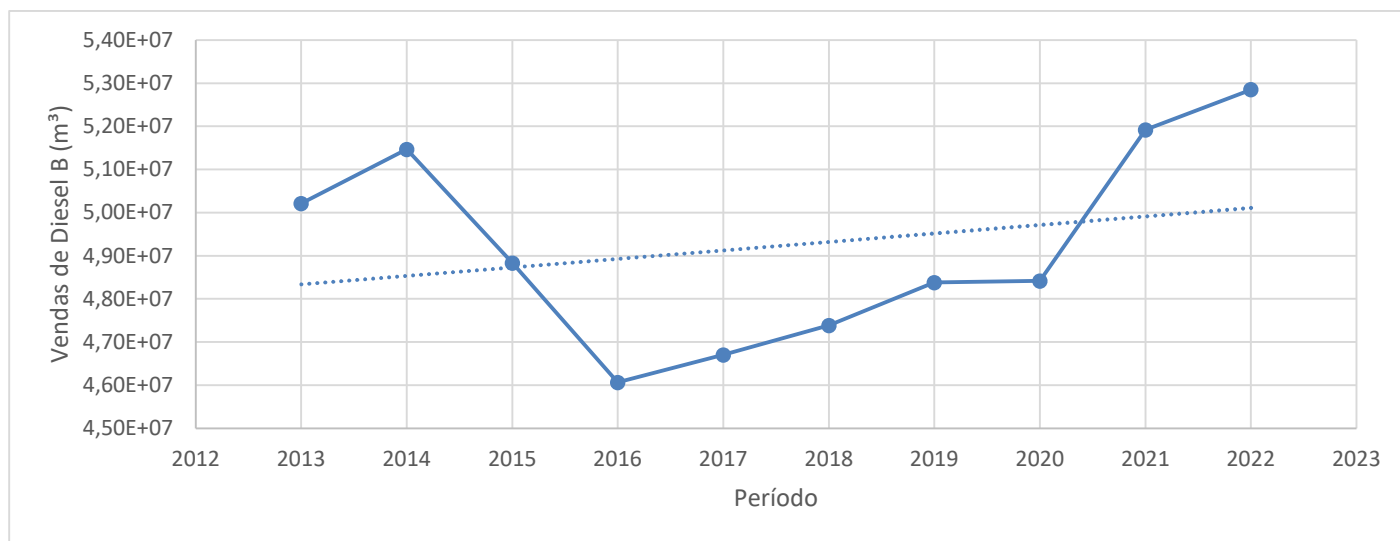
Como etapa inicial de análise, foram coletados dados históricos de vendas de diesel disponíveis no site da ANP (www.gov.br/anp), abrangendo o período de janeiro de 2013 a dezembro de 2022, nos estados das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, a fim de verificar a existência de sazonalidade.



Fonte: Autor, a partir dos dados da ANP

Devido à vinculação da produção mensal de biodiesel às determinações governamentais, os optou-se por utilizar dados das vendas de diesel B como base para prever a demanda de biodiesel.

O modelo de previsão escolhido foi o da média móvel centrada (MMC), que leva em consideração tanto a tendência dos dados (evidenciada pelo crescimento das vendas de diesel B ao longo do período analisado - Figura 2) quanto a sazonalidade (que se manifesta na redução das vendas nos meses finais e aumento nos meses iniciais dos anos de 2013 a 2022). A primeira etapa para realizar a previsão envolve a definição dos ciclos, os quais devem apresentar um comportamento similar. Ao analisar os dados das vendas de diesel B, constatou-se que os ciclos coincidem com a escala de tempo anual.



Fonte: Autor, a partir dos dados da ANP

A partir da real demanda de cada ciclo, calcula-se a demanda média móvel. Considerando que o ciclo é composto por um número par, com os dados centrados no meio do período, inicialmente, é calculada a média móvel centrada no meio dos períodos (MMC'). No estudo de caso em questão, a média móvel centrada está situada entre os meses de junho e julho, e esse valor é obtido a partir da média dos seis períodos anteriores (janeiro a junho) e dos seis períodos subsequentes. Posteriormente foi calculada a média destas intercalações, que resultou na média móvel centrada do período (MMC)

$$MMC = \frac{MMC \text{ anterior} + MMC \text{ posterior}}{2}$$

Em seguida, são determinados os índices de sazonalidade do período:

$$IS_{\text{período}} = \frac{\text{Demanda de Diesel (do período)}}{MMC \text{ do período}}$$

Mediante o uso dos índices de sazonalidade (IS) de cada período, calculam-se os índices de sazonalidade médios para cada mês, representando a média dos índices sazonais de cada mês ao longo dos anos da série histórica. A sazonalidade é removida da série de dados históricos dividindo-se a demanda de diesel B do período pelo seu respectivo Índice de Sazonalidade Médio. Em seguida, obtém-se a equação de uma reta através de uma análise de regressão dos dados das vendas de Diesel B (Y) em relação ao período analisado (X), a fim de examinar a tendência dos dados, livre dos efeitos sazonais.

Após estas análises, optou-se por trabalhar com scripts em código Python, aplicando algoritmo ARIMA (autoregressive integrated moving average) utilizando os principais recursos de autocorrelação e media movel.

O ARIMA trabalha com termos/parâmetros “p”, “d” e “q”, sendo:

P – Ordem do modelo auto-regressivo

D – Filtro de integração ou diferenciação

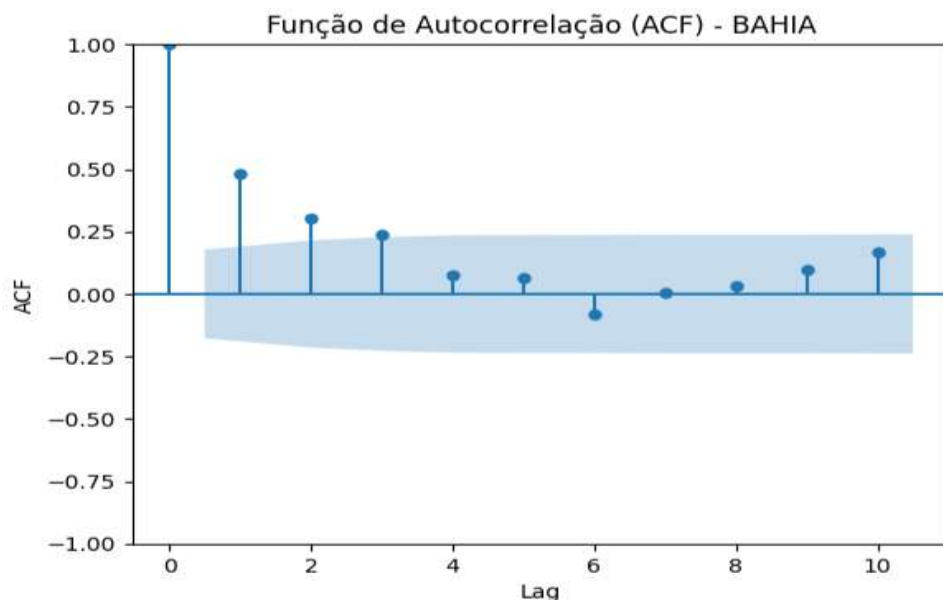
Q – Componente de Médias Moveis

Funções ACF e PACF

Para determinar o número adequado de termos a serem utilizados no treinamento do modelo, duas funções fundamentais podem ser empregadas: a Função de Autocorrelação (ACF) e a Função de Autocorrelação Parcial (PACF). A utilização dessas funções permitirá a visualização de dois gráficos similares aos exemplificados abaixo:

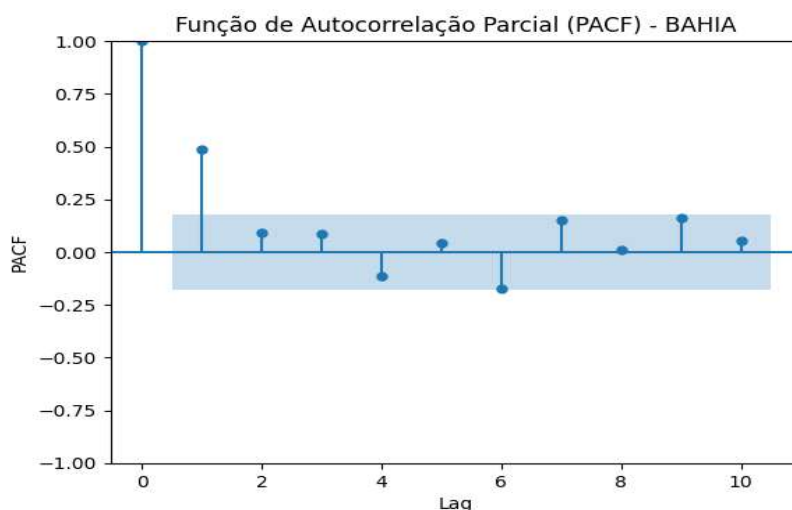
Função de Autocorrelação (ACF):

A Função de Autocorrelação é uma ferramenta essencial para identificar a presença de correlação serial nos dados. Ela mostra a correlação entre uma série temporal e suas versões defasadas, permitindo observar o padrão de autocorrelação presente nos dados. O gráfico ACF é composto por barras que representam os valores de correlação em diferentes defasagens (lags). A partir dele, é possível verificar se a série possui uma correlação significativa com seus valores passados e, assim, determinar o número de termos necessários para o modelo.



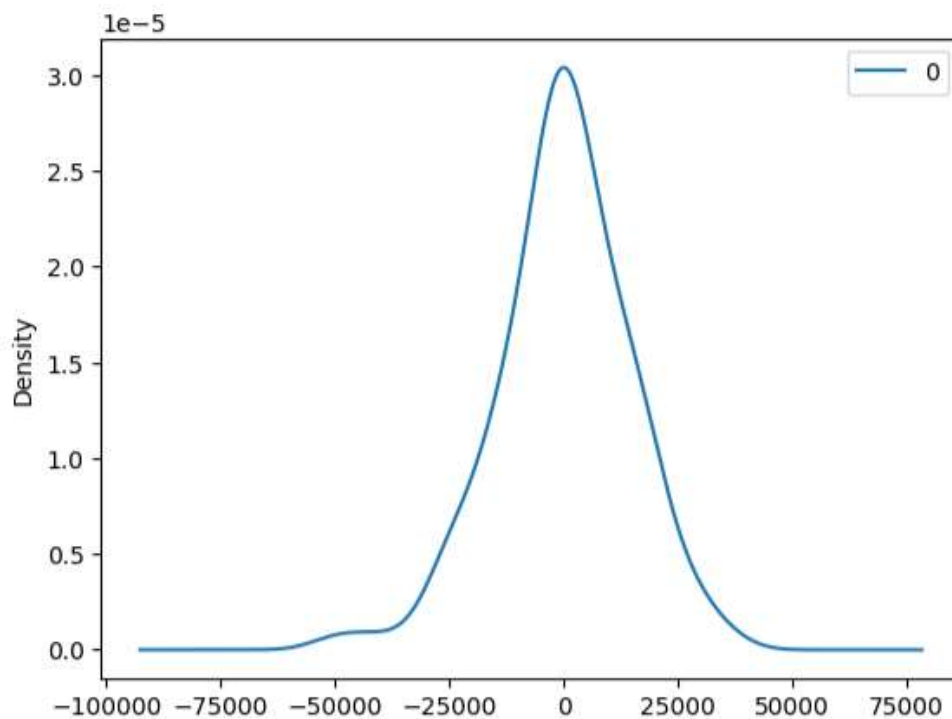
Função de Autocorrelação Parcial (PACF):

A Função de Autocorrelação Parcial também é uma ferramenta valiosa para a análise de séries temporais. Ela mede a correlação entre uma observação e suas defasagens, desconsiderando as influências intermediárias. Em outras palavras, o PACF mostra a correlação direta entre uma observação e suas defasagens imediatas, isolando os efeitos das defasagens intermediárias. O gráfico PACF é útil para determinar o número de termos AR (AutoRegressive) no modelo, pois indica a ordem de correlação serial que pode ser considerada estatisticamente significativa.

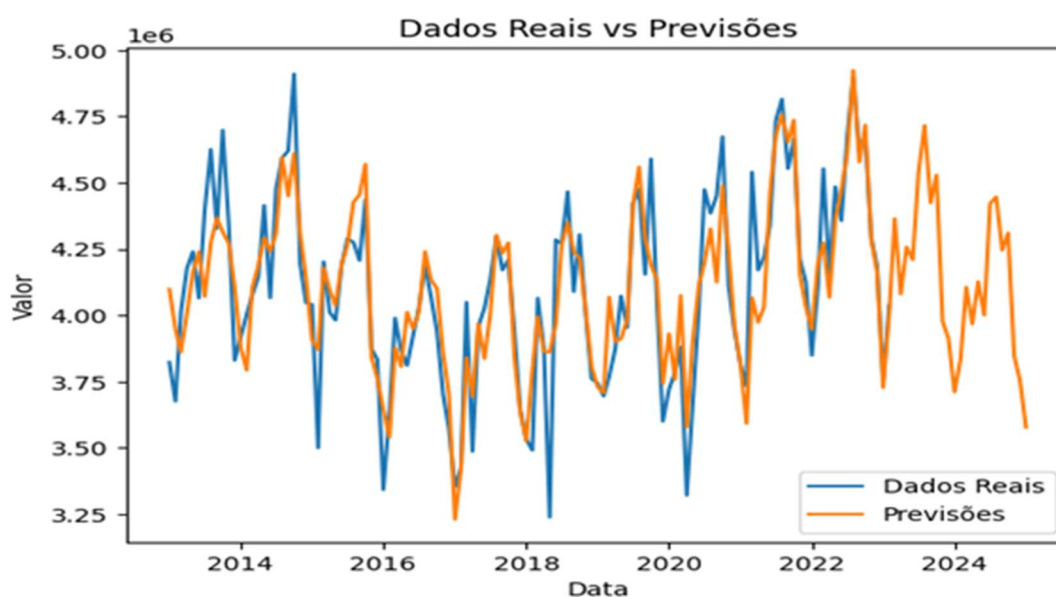


Ao analisar os gráficos de ACF e PACF gerados pelo seu código, será possível identificar os padrões de autocorrelação presentes nos dados e, assim, definir a quantidade ideal de termos a serem incluídos no treinamento do modelo. Essa etapa é crucial para garantir a precisão e eficiência do modelo preditivo em séries temporais, permitindo tomar decisões informadas e realizar previsões mais precisas.

Após o treinamento do modelo, verificou-se o gráfico de resíduos, o que podem nos indicar se os resultados estão viesados ou não.



Após a realização dos ajustes nos parâmetros, procedeu-se com o treinamento e teste do modelo utilizando os dados de consumo do estado da Bahia.



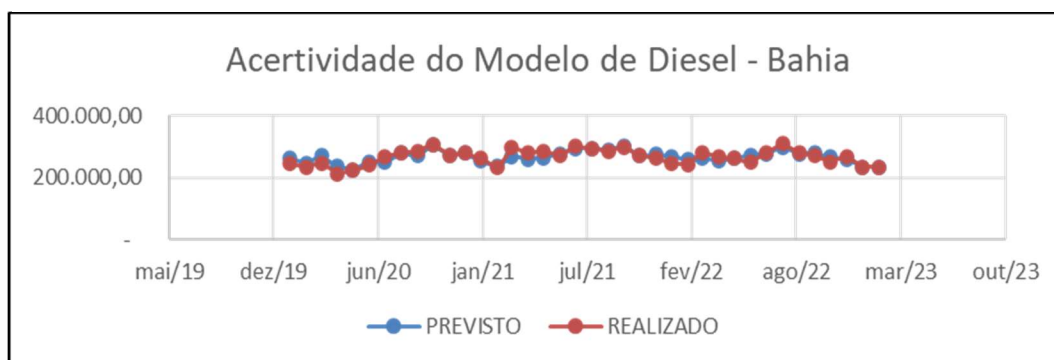
Fonte: Autor, com base nos dados da ANP

O modelo apresentou acurácia próximo a 96% para um período de 10 meses subsequentes aos dados do dataframe.

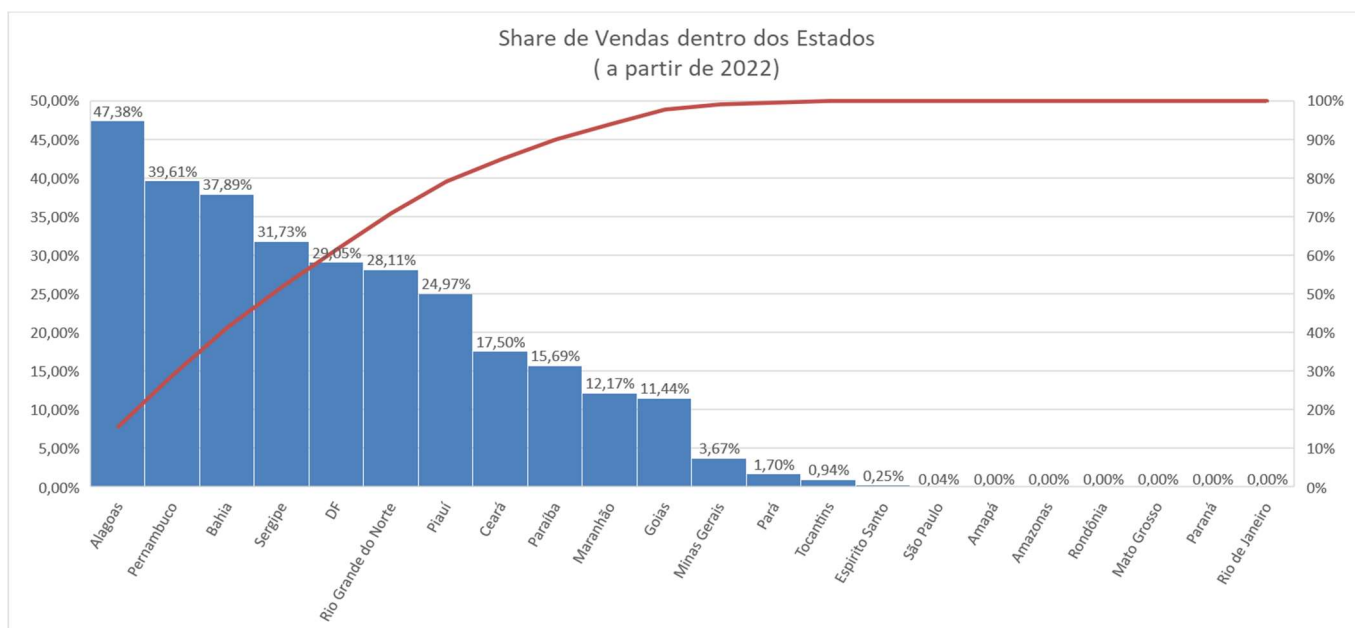
5. RESULTADOS

A partir dos resultados de treinamento do modelo, aplicando os dados do teste, para entender o comportamento do modelo

Figura 1 – Teste de acertividade do modelo estatístico

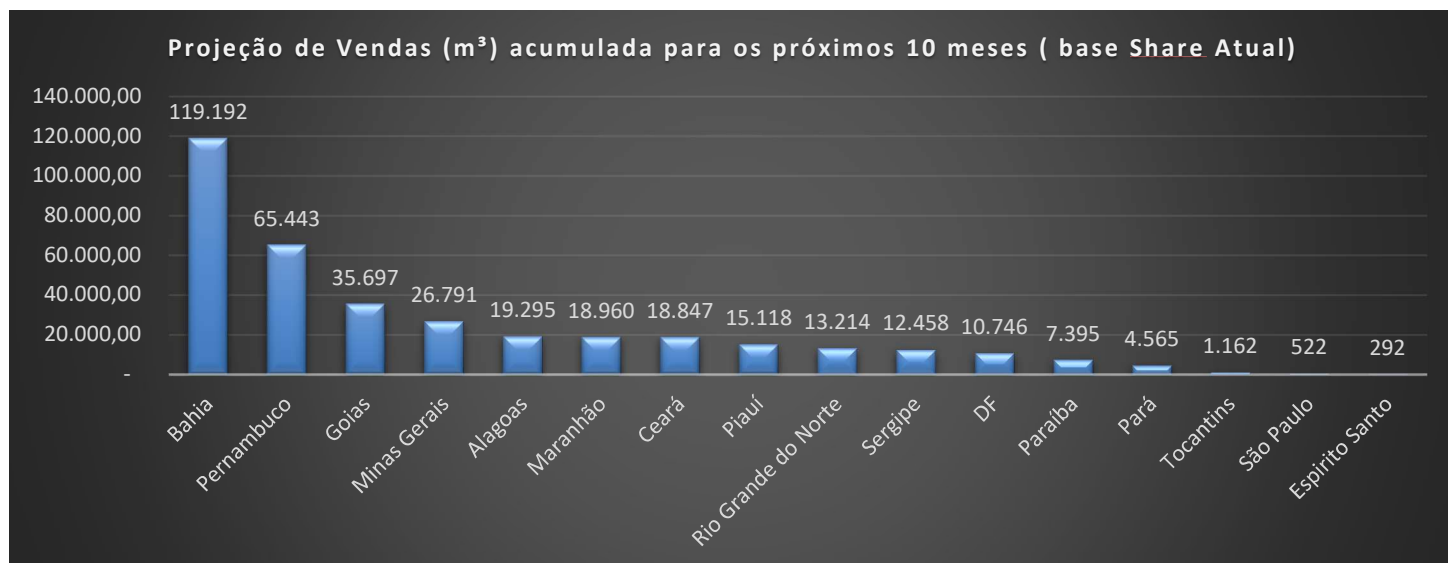


Como a demanda surgiu de uma aplicação em específico, foram coletados dados internos de uma empresa do segmento, para obtenção do market share dentro de cada estado de atuação da mesma.



Utilizando a seguinte equação:

$$Proj.Vendas = Mkt\ Share \times Demanda\ de\ Diesel \times Percentual\ de\ mistura\ Obrigatória$$



6. DISCUSSÃO

O mercado de biodiesel é notoriamente volátil, apresentando forte correlação com o mercado de commodities e as variações dos preços de combustíveis fósseis (Brent). Além disso, a demanda por diesel no Brasil é influenciada por uma série de fatores, alguns dos quais não foram abordados neste estudo. Dentre as perspectivas mais estudadas na literatura disponível, destacam-se o preço do biocombustível e o poder aquisitivo do consumidor, identificados como variáveis determinantes para o consumo desse produto. Tais achados corroboram com pesquisas realizadas por Cardoso e Jesus (2018), Reis (2016), Luz (2015), Iooty et. al. (2009), Pisa (2012), Zimmer e Koch (2016) e González-Marrero et. al. (2012), evidenciando a relevância dessas variáveis no contexto atual.

No entanto, é importante ressaltar que o presente estudo não esgotou todas as possíveis influências na demanda por diesel no país. Dentre os fatores cruciais que também exercem impacto significativo no aumento ou redução do consumo de diesel, encontra-se a atividade agropecuária no Brasil. A pesquisa "Revista de Economia e Agronegócio,

vol.19, Nº1, 2021" identificou que a atividade agropecuária desempenha um papel fundamental na demanda por diesel, especialmente no setor de transporte e maquinário agrícola. Essa conclusão aponta para a necessidade de considerar a importância do agronegócio ao estudar o comportamento do mercado de biodiesel, a fim de obter uma análise mais completa e precisa.

Sendo assim, em estudos futuros, é essencial que haja uma análise mais aprofundada dos efeitos da atividade agropecuária, além da consideração de outras variáveis potenciais que também possam influenciar o consumo do produto. Somente compreendendo a interação de todos esses elementos será possível obter uma visão mais embasada e precisa, contribuindo para a tomada de decisões estratégicas tanto no setor de energia quanto no agronegócio.

No contexto deste estudo específico, a abordagem focada na demanda de diesel nos estados brasileiros alcançou um alto nível de acurácia, atingindo 96% de precisão nos dados futuros aplicados a uma empresa do segmento. Essa aderência é promissora e pode fornecer informações valiosas para a indústria produtora de biodiesel, subsidiando decisões estratégicas e aprimorando a compreensão das dinâmicas do mercado em relação à demanda estadual.

Em suma, a discussão sobre os fatores que influenciam a demanda de biodiesel no Brasil é fundamental para o avanço do setor energético e do agronegócio. A partir de análises mais amplas e integradas, poderemos vislumbrar oportunidades e desafios que permitam o desenvolvimento sustentável dessa indústria e contribuam para a busca de soluções alinhadas com os princípios de responsabilidade socioambiental e crescimento econômico.

7. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O mercado de biodiesel está em constante evolução, apresentando desafios e oportunidades que podem ser abordados por pesquisas futuras. Nesse contexto, são sugeridas algumas áreas de estudo que têm potencial para enriquecer a compreensão dos fatores que influenciam a participação de mercado do biodiesel e a análise da relação entre demanda e custo logístico em estados com alta demanda:

- **Análise abrangente de políticas públicas:** Recomenda-se uma investigação mais aprofundada das políticas públicas relacionadas ao biodiesel. Isso envolve a avaliação do impacto das metas de mistura obrigatória, incentivos fiscais e outros mecanismos governamentais no aumento da produção e consumo de biodiesel. Além disso, entender como possíveis mudanças nas políticas podem afetar o crescimento do mercado é crucial.
- **Investigação de novas tecnologias:** Estudos futuros podem se concentrar na pesquisa e avaliação de tecnologias emergentes para a produção de biodiesel. A identificação de inovações que melhorem a eficiência, reduza os custos e tornem o biodiesel mais competitivo é um aspecto relevante. Explorar processos de produção mais eficientes e ecologicamente sustentáveis pode impulsionar o crescimento do setor.
- **Aspectos socioambientais na preferência do consumidor:** Investigar como a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental influenciam a escolha do consumidor pelo biodiesel é uma área promissora. Compreender como as preocupações ambientais impactam a demanda de biodiesel

orientará estratégias de marketing para promover esse biocombustível.

- Estudos regionais sobre demanda e oferta: Análises detalhadas sobre a demanda e oferta de biodiesel em diferentes estados do Brasil seriam úteis para identificar regiões com alta demanda e capacidade insuficiente. Estudos regionais podem oferecer insights sobre logística e demandas específicas, direcionando soluções adaptadas.
- Otimização da logística de distribuição: Pesquisas voltadas para a otimização da logística de distribuição de biodiesel podem reduzir custos e impactos ambientais do transporte entre regiões produtoras e estados demandantes. Modelos logísticos avançados podem orientar o planejamento eficiente da distribuição.
- Integração de fontes de dados: Uma abordagem inovadora seria integrar diversas fontes de dados, como econômicos, ambientais, agrícolas e de transporte. A análise combinada de variáveis complexas pode fornecer insights relevantes para entender a demanda e oferta de biodiesel.

Em resumo, o mercado de biodiesel oferece várias oportunidades para futuras pesquisas, focando na análise dos fatores que influenciam a participação de mercado e a relação entre demanda e custo logístico. Estudos aprofundados nessas áreas contribuirão para o desenvolvimento de políticas e estratégias mais informadas e sustentáveis, impulsionando o crescimento do biodiesel como uma alternativa energética significativa no Brasil.

8. Referências Bibliográficas

DEMIRBAS, Ayhan; **Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels: Energy Conversion and Management**.50.ed.[S.l.:s.n.],2009.

BELDA, Francisco Rolfsen; SILVA, Roberta Salgado: **Biocombustível e Inteligência para o Agronegócio**.

Disponível em: <http://www.ripa.com.br/index.php?id=1653>. Acesso em: 15 de Julho de 2023.

HERNÁNDEZ, Dora Isabel Murillo, **Efeitos da produção de Etanol e Biodiesel na produção agropecuária do Brasil**. Universidade de Brasília, 2008.

NASCIMENTO, Tassio Lessa do Nascimento; MACIEL, Maria Aparecida Medeiros; GURGEL, Hellen Elisia de Souza; RIOS, Maria Alexsandra de Sousa; BERTINI, Luciana Medeiros: **O Biodiesel na matriz energética brasileira: da sua inserção aos dias atuais**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6316>. Acesso em: 21 de Agosto de 2023

BALAT, Mustafa; **A Critical review of bio-diesel as a vehicular fuel: Energy Conversion and Management**.49.ed.[S.l.:s.n.],2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.03.016>. Acesso em: 12 de Junho de 2023

SAMPAIO, R.M.; BONACELLI, M.B.M: **Tecnologias renováveis: interação entre políticas públicas e iniciativa privada, a partir da produção brasileira de biodiesel**. Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 14, n.34, p 17-34, Dezembro de 2018

BROCKWELL, Peter J.; DAVIS, Richard A.; **Introduction to Time Series and Forecasting**: Springer Texts in Statistics. 2. ed. New York: Springer Science + Business Media, 2006. p 16-437.

BOX, G.E.P; JENKINS, Gwilym M.; REINSEL, Gregory C.; **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. 4. ed. New Jersey: Wiley, 2008. P 1-784.

BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira: *Econometria de Séries Temporais*. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011 p 1-341